

聚铁聚铝预处理城市污水试验研究

张智 邓晓莉 左玉珍

(重庆建筑大学城市建设学院 400045)

7703

摘要 对聚铁聚铝预处理城市污水正交试验研究, 确定其最佳工作条件, 当SS去除率为60%~80%, COD去除率为50~70%时, PAC和PFS的投药量分别为: ≥ 30 mg/L 和 ≥ 100 mg/L, 其沉淀时间分别为: ≥ 10 min 和 ≥ 45 min。

关键词 城市污水, 预处理, 絮凝剂, 污水处理。

中图分类号 X703

絮凝法是水处理领域常用的方法之一, 过去主要用于给水处理和部分工业废水处理, 近年来, 该技术发展很快, 主要有以下几方面: 其一, 应用领域不断扩大, 特别是难降解废水的预处理如化工废水、合成洗涤废水、印染废水, 造纸废水和除油处理等等^[1]; 其二, 不断研制开发适用各种用途的新型絮凝剂, 如污泥脱水专用絮凝剂GD-II和SFC^{[2][3]}, 用于印染废水脱色的含金属离子的聚硅酸脱色剂, 简称PSAM^[4], 以硫酸铝 $Al_2(SO_4)_3$, 氢氧化钙 $Ca(OH)_2$ 和有机高分子絮凝剂聚丙烯酰胺(PAM)等物质复合而成的高分子絮凝剂PHM-Y^[5]对表面活性剂、乳化油的去除具有良好的效果, 特别值得一提的是利用某些微生物可产生絮凝物质的特性, 开发出安全无毒、无二次污染的微生物絮凝剂^[6]。其三, 将絮凝法与传统的工艺相结合, 形成新的处理工艺, 如废水微絮凝直接过滤工艺^[7], 将铝化合物作为吸附剂处理有机磷、酚、醇类染料、金属离子^[8], 铁-碳絮凝床处理厨房污水^[9], 在普通活性污泥中, 投加一定量的氢氧化铁, 逐步驯化形成生物活性污泥^[10]。

随着社会经济的发展及人们环境意识的不断增强, 水污染治理的任务将十分繁重, 若按常规二级污水处理设施计算, 其基建投资为1500~2200元/m³污水, 运行费用为0.40~0.70元/m³污水, 这对于我国经济欠发达的中西部地区来说, 其经济压力是难以承受的。本项目研究采用强化一级污水处理技术, 将以较小的投入, 获得COD去除率为50~70%, SS去除率为60~80%的效果。这样, 既可初步有效地控制水污染又可减轻后续处理构筑物的负荷, 降低其基建投资和运行费用, 在经济实力增强后, 可完善为二级污水处理或脱氮除磷工艺^[11]。本文对PFS、PAC预处理城市污水的最佳工作条件进行了试验探讨。

1 材料与方法

1.1 试验装置与条件

收稿日期: 1997-03-03

张智, 男, 1960年生, 副教授

本项目获重庆建筑大学“培养和造就跨世纪学术学科带头人专项基金”资助(1996, 4)

本试验研究为实验室规模,采用六连搅拌器(DBJ-621)型,每个搅拌杯容积为 1L,絮凝剂采用聚合硫酸铁和聚合氯化铝进行预处理城市污水对比试验。

聚合硫酸铁(poly Ferric Sulfate,简称 PFS),系国外七十年代才开发的新型无机高分子絮凝剂,其分子通式为 $[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}]_m$, $m=f(n)$, $0.5 < n < 1.0$ 其综合性能超过了传统的硫酸亚铁,氯化铁,絮凝体密度大,沉速快,且同微生物结合能力强。^{[12][13][14]}

聚合氯化铝(poly alumnium Chloride,简称 PAC),当含 SO_4^{2-} 配位基时,称为 PACS,该絮凝剂六十年代在日本出现,PAC 净水性能好,投量少,适用范围广,PACS 的稳定性,絮凝效果均优于 PAC,还具有良好的脱色和除油性能^{[15][16]}。

本试验污水水样取自城市下水道出口,系典型城市污水,除含有生活污水外,还混有部分工业废水,水温 10℃。

1.2 试验方法

本试验采用正交试验法,以药剂投量、搅拌强度和沉淀时间为试验因素,每个因素取三个水平,其因素水平表见表 1,以 COD 去除率 SS 去除率和 NH₄-N 去除率为考察指标,选用 L₉(3³)正交试验表安排试验,共进行九组试验,对试验的结果进行分析,以确定满足城市污水预处理需求的较佳工作条件。

表 1

水	因 素		
	药剂投量(mg/L)	搅 拌 条 件	沉淀时间(min)
平	A	B	C
1	30	40 转/分,9分钟	10
2	100	80 转/分,3分钟	25
3	150	160 转/分,1分钟	45

2 结果分析

2.1 现象观察分析

在不同的投药量、搅拌强度及沉淀时间的条件下,观察絮体的生成速度,絮体的沉降速度以及处理水的清澈情况列于表 2。从表 2 可得以下结论:

表 2

试验序号	投药量(mg/L)	搅拌条件	PAC				PFS				
			形成絮体时间	絮体大小	上清液	备注	形成絮体时间	絮体大小	上清液	备注	
1	30	40转/分 搅 拌 9'	1'	细小	较浑	1'20"絮体增大, 4'絮体沉底,5'絮体基本沉完。	2'	细小	较浑		
2	100		1'	稍大	较清亮			较大	较清亮		
3	150		1'	大	清亮			较大	较清亮		
4	30	80转/分 搅 拌 3'	1'	细小	较浑		1'30"	细小	较好		
5	100		1'	稍大	清亮,不透明			增大明显	清亮		
6	150		1'	大	清亮,不透明			增大明显	清亮		
7	30	160转/分 搅 拌 1'	1'	细小	浑浊		1'40"	细小	较浑		
8	100		1'	较1-6号试	清亮,不透明			较大	清亮		
9	150		1'	验小	清亮,不透明			较大	清亮		

1) 从絮体的生成速度看: 在水温 10℃, PAC 的水解速度快, 因而絮体生成快, 在试验条件下, 絮体出现时间一般为 1 分钟左右, 而 PFS 的絮体则在 2 分钟左右开始出现。

2) 从絮体沉降性能看, PFS 絮体结构较紧密, 密度较大, 沉降速度快; 而 PAC 的絮体体积较大, 结构较松散, 沉降速度慢, 水质外观较差。

3) 从絮体的力学性能看, 随着搅拌强度增加, 絮体的抗剪能力变弱, 难以形成大的絮体。

2.2 对污染物的去除

以 COD 去除率、SS 去除率及 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率为指标, 考察 PAC、PFS 对污染物去除效果的影响因素, 其试验结果列于表 3 和表 4, 对表 3、表 4 试验数据进行每个因素每个水平的考察指标的平均值计算。其结果见附图。

表 3

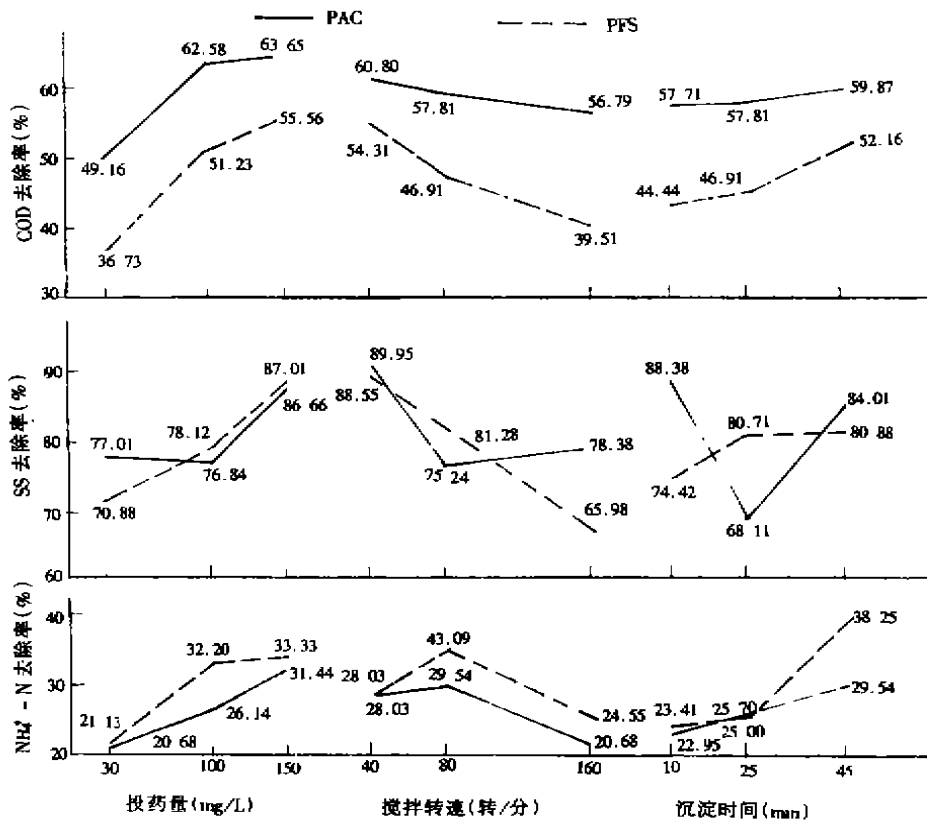
序号	投药量 (mg/L)	PH	沉淀 时间 (min)	转速 (转/分)	COD			SS			$\text{NH}_4^+ - \text{N}$		
					处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)	处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)	处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)
1	30	7.09	45	40	514.08	276.08	46.29	410.50	69	83.19	44.0	30.5	30.68
2	100	7.07	10	40		218.96	57.41	410.50	54.5	86.72	44.0	32.50	16.14
3	150	7.05	25	40		209.44	59.25	410.50	17.50	95.74	44.0	32.0	27.27
4	30	7.16	25	80		304.64	40.74	410.50	89.0	78.30	44.0	34.0	22.73
5	100	7.12	45	80		228.48	55.55	410.50	84.50	79.54	44.0	24.0	45.45
6	150	7.10	10	80		242.76	52.77	410.50	57.50	85.99	44.0	29.0	34.09
7	30	7.11	10	160		395.08	23.15	410.50	203.0	50.55	44.0	39.50	10.0
8	100	7.16	25	160		304.64	40.74	410.50	131.0	68.10	44.0	33.0	25.0
9	150	7.11	45	160		233.24	54.65	410.50	84.60	79.30	44.0	27.0	38.64

备注: 室温 11℃ 每组处理水量 1L 试验时间: 1996, 12, 18

表 4

序号	投药量 (mg/L)	PH	沉淀 时间 (min)	转速 (转/分)	COD			SS			$\text{NH}_4^+ - \text{N}$		
					处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)	处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)	处理前 (mg/L)	处理后 (mg/L)	去除率 (%)
1	30	7.09	45	40	514.08	238	53.7	410.50	56.60	86.24	44.0	33.0	25
2	100	7.07	10	40	514.08	185.6	63.89	410.50	35	91.4	44.0	34	22.73
3	150	7.05	25	40	514.08	180.88	64.81	410.50	32	92.2	44.0	28	36.36
4	30	7.40	25	80	514.08	257.04	47.50	410.50	180.5	56.60	44.0	34.5	21.59
5	100	7.43	45	80	514.08	190.40	62.96	410.50	67.50	83.57	44.0	28.0	36.36
6	150	7.43	10	80	514.08	190.40	62.96	410.50	59.50	85.55	44.0	30.5	30.68
7	30	7.41	10	160	514.08	276.08	46.29	410.50	48.50	88.19	44.0	37.20	15.45
8	100	7.41	25	160	514.08	199.88	61.11	410.50	182.50	55.54	44.0	35.50	19.32
9	150	7.41	45	160	514.08	190.40	62.96	410.50	73.0	82.22	44.0	32.0	27.27

备注: 室温 11℃ 每组处理水量 1L 试验时间: 1996, 12, 18



附图 因素—水平关系图

2.2.1 对 NH_4^+-N 的去除

PAC、PFS 对 NH_4^+-N 的去除都不太高,但两者的差异不大,一般在 20~40% 之间。投药量对 NH_4^+-N 的去除贡献不大,投药量增加 4 倍,去除率增加不足 20%;沉淀时间对 NH_4^+-N 去除率有正影响,随沉淀时间延长,去除率提高;值得注意的是搅拌条件对 NH_4^+-N 去除率的影响,存在在 80 转/分,搅拌时间 3 min 条件下, NH_4^+-N 去除率有一个极大值,且 PAC、PFS 均表现了相同的影响趋势。

2.2.2 对 COD 的去除

在试验条件下,对 COD 的去除能力,PAC 比 PFS 高约 10~20%,COD 的去除率随投药量及沉淀时间的延长而增加,而随搅拌强度的增强而降低,据分析溶解 COD 与 PAC 和 PFS 结合所形成的絮体结构较弱,易受剪力破坏,且不易被沉降去除。

2.2.3 对 SS 的去除

在投药量较小时,PAC 对 SS 去除能力高于 PFS,如投药量为 30 mg/L 时,PAC 对 SS 去除率为 80%,PFS 为 70%,在投药量增加后,两种药剂对 SS 的去除能力就非常接近了。PFS 对 SS 的去除率随搅拌强度增强而急剧减少,与沉淀时间成正比,但 PAC 的 SS 去除率有一明显

的下降后再急剧上升。

2.3 最佳运行条件的确定

当因素一定时，各考察指标不同水平的最大差值即为该因素的极差，极差最大的因素，则为该指标的最大影响因素，在各因素同一考察指标的最大值所对应的水平组合，即为最佳水平组合，各因素下，考察指标的次大值组合，称为替代水平组合。PAC、PFS 对各污染物去除能力的最大影响因素及最佳水平组合和替代水平组合结果见表 5。表中最佳水平组合意

表 5

考察指标	药 剂					
	PAC			PFS		
	最大影响因素	最佳水平组合	替代水平组合	最大影响因素	最佳水平组合	替代水平组合
η_{COD}	A 投药量	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min	A 投药量	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min
η_{SS}	C 沉淀时间	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 40 转/分 10 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 30 mg/L; 160 转/分 45 min	B 搅拌条件	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min
$\eta_{\text{NH}_4\text{-N}}$	A 投药量	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 80 转/分 45 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 100 mg/L; 40 转/分 25 min	C 沉淀时间	A ₂ B ₁ C ₁ 即 150 mg/L; 80 转/分 45 min	A ₂ B ₁ C ₂ 即 100 mg/L; 40 转/分 25 min

味着在此条件下运行，可以获得更好的污染物去除率。但本试验的目的即满足预处理要求即 $\eta_{\text{SS}} = 60 \sim 80\%$ ， $\eta_{\text{COD}} = 50 \sim 70\%$ ，在此约束条件下，尽可能考虑经济要求，即尽量减小投药量和沉淀时间，降低搅拌强度，由此得出：PAC 及 PFS 预处理城市污水工作条件，见表 6。

3 结 论

1) 在较低温度时(10℃)，预处理城市污水，絮凝剂 PAC 比 PFS 效果更好。

2) 预处理城市污水，絮凝剂 PAC 的工作条件为：投药量 $\geq 30 \text{ mg/L}$ ，搅拌条件为：40 转/

表 6

药剂名称	单项指标下工作条件	组合作业条件
PAC	COD { 投药量 约 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	投药量 $\geq 30 \text{ mg/L}$ 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 $\geq 10 \text{ min}$
	SS { 投药量 约 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	
PFS	COD { 投药量 100 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 45 min	投药量 $\geq 100 \text{ mg/L}$ 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 $\geq 45 \text{ min}$
	SS { 投药量 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	

分,沉淀时间 ≥ 10 min;絮凝剂 PFS 的工作条件为:投药量 ≥ 100 mg/L,搅拌条件为:40 转/分,沉淀时间 ≥ 45 min。

3) PAC、PFS 预处理城市污水对后续处理工序的影响,还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 李永定等. 利用铁泥生产聚合硫酸铁. 化工环保, 1991, 11
- 2 夏晓明等. 新型絮凝剂在污泥脱水中应用的研究. 环境科学, 1991, 12(1)
- 3 叶荣达等. GD-2 型絮凝剂在污泥脱水中的应用. 中国给水排水, 1991, 7(5)
- 4 高宝玉等. 一种染料废水脱色剂 PSAM 的制备和效果实验. 环境科学, 1992, 13(1)
- 5 关卫省等. PHM-Y 混凝剂处理含油废水. 中国给水排水, 1992, 8(5)
- 6 吕向红. 微生物絮凝剂. 化工环保, 1995, 15(4)
- 7 黄晓家等. 废水直接微絮凝过滤的研究. 给水排水, 1993(11)
- 8 钱小同. 铝吸附剂在水处理中的应用. 给水排水, 1988(3)
- 9 何伟光等. 铁-絮凝床处理厨房废水. 环境科学, 1994, 15(1)
- 10 刘兴旺等. 改性铁法处理印染废水. 中国环境科学, 1995, 15(3)
- 11 张 智. 简易低耗可延续污水处理技术. 建筑·展望. 重庆:西南师范大学出版社, 1996
- 12 谭章荣. 混凝剂聚合硫酸铁的应用. 中国给水排水, 1992, 8(1)
- 13 何伟光等. PACS 一种高效除油水处理剂. 环境科学, 1988, 9(1)
- 14 陈辅君等. 聚合硫酸铁的合成研究. 中国给水排水, 1995, 11(1)
- 15 高宝玉等. PACS 絮凝剂的制备及其性能研究. 环境科学, 1990, 11(3)
- 16 陈辅君等. 高盐基度聚合氯化铝的制备研究. 中国给水排水, 1994, 10(6)

Study on PAC and PFS Pretreatment of Urban Wastewater

Zhang Zhi Deng Xiaoli Zuo Yuzheng

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University 400045)

Abstract In this thesis, PAC & PFS pretreatment of urban wastewater is studied. The experiment research is focused on determining Optimum Operating condition by orthogonal method, when SS and COD removal ratio are 60~80% and 50~70% respectively, PAC & PFS doses are greater than or equal to 30mg/l and 100mg/l respectively, their sedimentation times are greater than or equal to 10min and 45min respectively.

Key Words urban wastewater, pretreatment, flocculation

(编辑:陈 蓉)